



AUSLEGESCHRIFT

1 199 416

Deutsche Kl.: 21 h - 30/02

Nummer: 1 199 416
 Aktenzeichen: H 43763 VIII d/21 h
 Anmeldetag: 3. Oktober 1961
 Auslegetag: 26. August 1965

1

Es ist bekannt, Elektronen unter Vakuum zu erzeugen und damit Schweißungen unter Vakuum vorzunehmen. Werkstücke aus Metall oder Nichtmetall können auf diese Weise ohne Verwendung von Flußmittel oder Zusatzmaterial miteinander verbunden werden. Hochgereinigte Metalle, die z. B. durch Schmelzen unter einem Druck von weniger als 10^{-4} Torr gereinigt wurden, lassen sich unter gleichem Druck, bei dem sie geschmolzen wurden, sehr gut durch Elektronenstrahlen verschweißen. Dies beruht darauf, daß nach dem Schmelzen des Metalls unter Vakuum praktisch keine Gase mehr frei werden, die beim Schweißen zur Porenbildung führen. Man erhält somit porenfreie Schweißnähte.

Anders sieht es aus, wenn Metalle, die nicht durch Schmelzen unter Vakuum hergestellt wurden, durch Elektronenstrahlen unter Vakuum geschweißt werden. Bei diesem Vorgang werden eingeschlossene Gase zum Teil frei und verlassen unter Verspritzen von Metallteilchen die Schweißzone. Der Rest der Gase kann bei dem normalerweise kurzzeitigen Aufschmelzen nicht so schnell entweichen und dehnt sich entsprechend dem geringen auf ihm lastenden Druck aus. Beim späteren Erstarren des Metalls wird das Gas dann in Form von größeren Gasblasen eingefroren. Man erhält dadurch Schweißnähte, die von größeren Poren durchsetzt sind. Dies wirkt sich auf die Festigkeit der Schweißnähte nachteilig aus und ist bei Festigkeitsuntersuchungen und Biegeproben leicht zu entdecken.

Ein weiterer Nachteil des Schweißens mit Elektronenstrahlen unter Vakuum besteht darin, daß ein ziemlich großer apparativer Aufwand erforderlich ist, um Einspann- und Bewegungsvorrichtungen für die Schweißstücke in einem Vakuumbehälter anzuordnen und von außen zu bedienen. Das Schweißen großer Werkstücke, wie z. B. Flugzeugtragflächen u. dgl., unter Vakuum bedingt darüber hinaus einen großen vakuumtechnischen Aufwand, d. h. riesige Vakuumbehälter und Vakuumpumpensätze.

Bekannt ist es ferner, die Schweißung mit Elektronenstrahlen unter normalem Atmosphärendruck durchzuführen. Hierbei ist es nötig, den Elektronenstrahl aus seinem evakuierten Erzeugungsraum an die Atmosphäre herauszuführen. Um die nötige Strahl- und Energiekonzentration zu erreichen, geschieht dies praktischerweise durch eine Austrittsblendenöffnung und eine Druckstufenstrecke. Solche Schweißeinrichtungen sind unter der technischen Bezeichnung »Elektronenstrahlgeneratoren« bekannt. Der Elektronenstrahl wird dabei in einer Vakuumkammer erzeugt und über Druckstufen in die Atmo-

Verfahren und Vorrichtung zum Schweißen von Metallen oder Nichtmetallen bei Normaldruck mittels Elektronenstrahlen

Anmelder:

W. C. Heraeus G. m. b. H.,
 Hanau, Heraeusstr. 12-14

Als Erfinder benannt:

Dipl.-Phys. Horst Eckstein, Hanau

2

sphäre geschossen. Beispielsweise können Elektronen durch Spannungen bis zu 200 kV beschleunigt und über eine Blendenöffnung von etwa 0,5 mm Durchmesser in die Atmosphäre austreten. Dabei ist es möglich, Elektronenströme von 20 mA und mehr zu erzeugen. Um die Austrittsblendenöffnung vor Verunreinigungen zu schützen und das Eindringen schädlicher Gase in den Elektronenstrahlerzeugungsraum zu verhindern, wird die Austrittsblendenöffnung mit einem Schutzgasstrom gespült. Dies bekannte Elektronenstrahlschweißen unter Atmosphärendruck hat aber den Nachteil, daß gewisse Werkstoffe beim Schweißen oxydieren oder gar verbrennen.

Bekannt war es beim Lichtbogenschweißen, das Werkstück vor Oxydation dadurch zu schützen, daß Vorder- und Rückseite des Werkstücks mit Schutzgas bespült bzw. abgedeckt werden.

Die Erfindung hat sich zur Aufgabe gestellt, das Verfahren zum Schweißen von Metallen oder Nichtmetallen mit Elektronenstrahlen unter Normaldruck zu verbessern. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß ein etwa parallel zur Richtung des Elektronenstrahls gerichteter, aus der Lichtbogenschweißtechnik an sich bekannter Schutzgasmantel zur Abdeckung der Vorder- und/oder Rückseite des zu schweißenden Werkstücks angewandt wird. Der Abstand zwischen der Austrittsblendenöffnung für den Elektronenstrahl und dem Werkstück wird dabei weniger als 20 mm, vorzugsweise nicht größer als 10 mm, gewählt. Das Arbeiten unter Vakuum beim Elektronenstrahlschweißen wurde von der Fachwelt

bisher aus folgenden Gründen für notwendig erachtet: Die Gegenwart von Gas verursacht eine Streuung des Elektronenstrahls, so daß keine genaue Fokussierung des Strahls auf die Schweißstelle mehr möglich erschien und dadurch das die Schweißstelle umgebende Material in unerwünschter Weise thermisch belastet wird. Außerdem verursacht das Gas, welches die Schweißstelle umgibt, Verunreinigungen der Schweißstücke, eine rasche Oxydation des Werkstücks an der Schweißstelle und eine Zerstörung der Elektronenquelle durch Oxydation. Bei der Fachwelt bestanden aus diesen Gründen bisher gewisse Vorurteile gegen das Elektronenstrahlschweißen unter Normaldruck, weil schon ohne Schutzgasstrom eine relativ starke Strahlstreuung vorhanden ist, so daß die zusätzliche Anwendung eines Schutzgasstromes erwarten ließ, daß dann eine Schweißung vollends unmöglich sei.

Als Beispiel für das erfindungsgemäße Verfahren sei angeführt, daß ein Edelstahlblech von 2 mm Dicke bei einer Vorschubgeschwindigkeit von 30 cm/min mittels einer Beschleunigungsspannung von 90 kV und eines Elektronenstrahlstromes von 7,4 mA einwandfrei durchgeschweißt wird. Ein Schliffbild der Schweißnaht zeigt in der Mitte der Schweißnaht eine deutliche Einengung gegenüber der Eintritts- und Austrittsstelle des Elektronenstrahls. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß sich um den Elektronenstrahl im Innern des Werkstücks ein positiver Ionenschlauch bildet, der zu einer Konzentration des Elektronenstrahls führt, ähnlich wie es bei Fadenstrahlen bekannt ist.

Die Zeichnung stellt ein Ausführungsbeispiel einer Schweißeinrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens dar. Der schematisch dargestellte Elektronengenerator besteht aus einem Gehäuse 1 mit den drei Kammern 2, 3 und 4, die durch die Vakuumleitungen 5, 6 und 7 dauernd evakuiert werden. In ihnen herrschen beispielsweise Drücke von rund 10^{-4} , 10^{-2} und 1 Torr.

In der Kammer 2 befindet sich der Heizdraht 10, der die Elektronen emittiert und sich auf einer Spannung von beispielsweise —90 kV gegenüber dem geerdeten Gehäuse 1 befindet. Zu seiner Isolation ist er daher in den meisten Fällen in einen keramischen Isolator 11 eingesetzt. Die emittierten Elektronen werden durch nicht dargestellte bekannte elektrostatische oder magnetische Mittel zu einem Elektronenstrahl 12 konzentriert. Er geht nacheinander durch die Blendenöffnung 13 in der Zwischenwand 9 und die Blendenöffnung 14 in der Zwischenwand 10. Weiterhin tritt er dann durch die Austrittsblendenöffnung 15 in der Platte 16 in die Atmosphäre. Es ist zweckmäßig, in bekannter Weise eine kleine Kammer 17 vorzusehen, der über die Leitung 18 ein Schutzgas oder auch die aus den Kammern 2, 3, 4 abgesaugte Luft zur Spülung der Austrittsblendenöffnung zugeführt wird. Der Druck in der kleinen Kammer 17 wird gleich oder ein wenig höher als der Außendruck gemacht, um die Austrittsblendenöffnung vor Verunreinigungen zu schützen und das Eindringen von Staub und unerwünschten Dämpfen in die Kammern 2, 3, 4 zu verhindern. Der Außendruck wird im folgenden als Atmosphärendruck bezeichnet; er kann aber auch etwas darunter oder darüber liegen, also z. B. 500 Torr oder 2 at betragen. Er wird je nach dem zu schweißenden Metall und der nötigen Temperatur entsprechend gewählt.

Vor die Platte 16 ist ein Konstruktionsteil 20 gesetzt, z. B. an die Platte angeschraubt. Dieses Teil 20 besitzt an der Stelle, an der der Elektronenstrahl 12 durch die Platte 16 austritt, ein Loch 21. Außerdem ist der Ringkanal 22 eingearbeitet, der in Strahlrichtung einen ringförmigen Austrittsspalt 23 besitzt, durch den das Schutzgas austreten kann, das durch die Leitung 24 zugeführt wird. Dieser Ringkanal 22 kann vorteilhafterweise auch in die Platte 16 des Elektronengenerators eingearbeitet sein, wodurch ein besonderes Konstruktionsteil 20 überflüssig wird. Das Schutzgas, z. B. Argon oder Helium, umgibt dann den Strahl 12 in Form eines Mantels, der den Zutritt von Luft (Sauerstoff) und schädlichen Dämpfen zur Auftreffstelle des Elektronenstrahls nicht gestattet.

Der Strahl trifft dann auf das Werkstück auf, das in dem dargestellten Beispiel aus den beiden Teilen 25a und 25b besteht, die miteinander verschweißt werden sollen und zu diesem Zweck durch die Spannvorrichtung 26 in ihrer gegenseitigen Lage festgehalten werden. Diese Spannvorrichtung besitzt auf der Rückseite des Werkstücks an der Stelle des Schweißpunktes oder der Schweißnaht einen Kanal 30, der durch die Leitung 31 ebenfalls mit einem Schutzgas beschickt wird. Dieses Schutzgas schützt die Rückseite der Schweißstelle bei der hohen Erhitzung durch den Elektronenstrahl 12 vor einer Oxydierung.

Das Schweißverfahren und die gezeigte Vorrichtung gestatten bei sehr großen Werkstücken, diese fest anzuordnen und den Schweißapparat zu bewegen. Sie vermeidet dabei all die Schwierigkeiten, die bei Bewegungseinrichtungen innerhalb von Hochvakuumgefäßen auftreten.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Schweißen von Metallen oder Nichtmetallen mit Elektronenstrahlen unter Normaldruck, dadurch gekennzeichnet, daß ein etwa parallel zur Richtung des Elektronenstrahls gerichteter, aus der Lichtbogen-schweißtechnik an sich bekannter Schutzgasmantel zur Abdeckung der Vorder- und/oder Rückseite des zu schweißenden Werkstücks angewandt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand zwischen der Austrittsblendenöffnung für den Elektronenstrahl und dem Werkstück weniger als 20 mm, vorzugsweise 10 mm, gewählt wird.

3. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 und/oder 2, bestehend aus einem Elektronengenerator, gekennzeichnet durch einen auf der Strahlaustrittsseite des Elektronengenerators den Elektronenstrahl umgebenden Ringkanal (22), der mit einer Schutzgaszuleitung (24) verbunden ist und, in Strahlrichtung gesehen, mindestens eine Austrittsöffnung (23) für das Schutzgas besitzt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Ringkanal (22) in der Platte (16) des Elektronengenerators eingearbeitet ist.

5. Vorrichtung nach den Ansprüchen 3 und/oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Halte-

5 . rung des zu schweißenden Werkstücks (25 a, 25 b)
i . eine an sich bekannte Spannvorrichtung vor-
gesehen ist, die einen mit einer Schutz-
gaszufuhrleitung (31) verbundenen Kanal (30)
besitzt.

In Betracht gezogene Druckschriften:
Deutsche Auslegeschrift Nr. 1 084 398;
USA.-Patentschriften Nr. 2 804 885, 2 887 562;
»Technik des Hochvakuum« (Heraeus-Katalog),
5 2. Ausgabe vom Mai 1958, VII, S. 7/8.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

